

*А. А. Пермикин*

Национальный исследовательский Томский политехнический  
университет, г. Томск

aap71@tpu.ru

## ОЦЕНКА АКТИВНОСТИ ИНТЕРМЕТАЛЛИДНЫХ МАТРИЦ НА ОСНОВЕ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ДИСПЕРСИОННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ СВ-СИНТЕЗА

*В работе рассмотрен способ получения интерметаллидных матриц ДЯТ на основе систем Zr-Al и Ni-Al методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Разработана модель, позволяющая определять изменение нуклонного состава матриц ДЯТ при эксплуатации композиций в ядерных реакторах на тепловых нейтронах.*

Ключевые слова: дисперсионное ядерное топливо; СВ-синтез; атомная энергетика.

*A. A. Permikin*

*Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

## EVALUATION OF THE ACTIVITY OF THE INTERMETALLIC MATRICES BASED ON TRANSITION METALS FOR DISPERSION NUCLEAR FUEL PRODUCED BY SHS

*The paper discusses a method of obtaining intermetallide matrix dispersion nuclear fuel based on the system Zr-Al and Ni-Al by self-propagating high-temperature synthesis. A model is developed to determine the change in the nucleon composition of matrices during the operation of compositions in thermal neutron nuclear reactors.*

Keywords: *dispersion nuclear fuel, SV-synthesis, nuclear power*

На сегодняшний день 20 % всей электроэнергии России генерируется атомными электростанциями (АЭС). Задача повышения

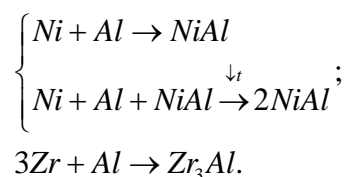
эффективности работы АЭС в первую очередь связана с разработкой новых улучшенных видов ядерного топлива. Одной из наиболее перспективных топливных композицией на данном этапе считается дисперсионное ядерное топливо (ДЯТ) [1].

ДЯТ представляет из себя неактивную матрицу с диспергированными в неё топливными частицами. Высокую эффективность, благодаря своим теплофизическим характеристикам, имеют матрицы основанные на интерметаллидах. Для получения таких соединений предпочтительно использовать метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). СВ-синтез – перспективная материаловедческая технология, основанная на способности ряда химических элементов и соединений вступать в экзотермические реакции [2].

Важной задачей является моделирование процесса активации матрицы нейтронным излучением в процессе эксплуатации, таким образом в рамках данной работы рассмотрена технология получения интерметаллидных матриц на основе систем Zr-Al и Ni-Al методом СВ-синтеза, а так же построена модель изменения нуклидного состава данных соединений.

Синтез осуществлялся на экспериментальном стенде пирометрических исследований закономерностей процесса СВС. Установка представлена на рис. 1. Подогрев образца и инициирование реакции синтеза производилось с помощью вольфрамовой нити, подключенной к линейному преобразователю тока. Регистрация температурных режимов проводилась с помощью вольфрам-рениевых термопар с записью данных персональным компьютером.

Шихта подготавливалась из расчета на прохождение следующих экзотермических реакций:



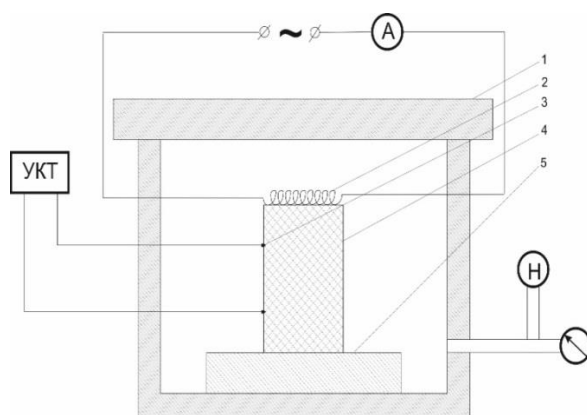


Рис. 1. Экспериментальная установка для получения СВС материалов:

- 1 – крышка; 2 – нагревающий элемент; 3 – комплекс термопар;  
4 – синтезируемый образец; 5 – несгораемая подставка

После экспериментальной отработки образцы подвергались рентгенофазовому анализу (РФА) на дифрактометре Shimadzu XRD-7000. Анализ фазового состава проводился с использованием баз данных PDF 4+, а так же программы полнопрофильного анализа POWDERCELL 2.5. Результаты РФА представлены на рис. 2 и 3.

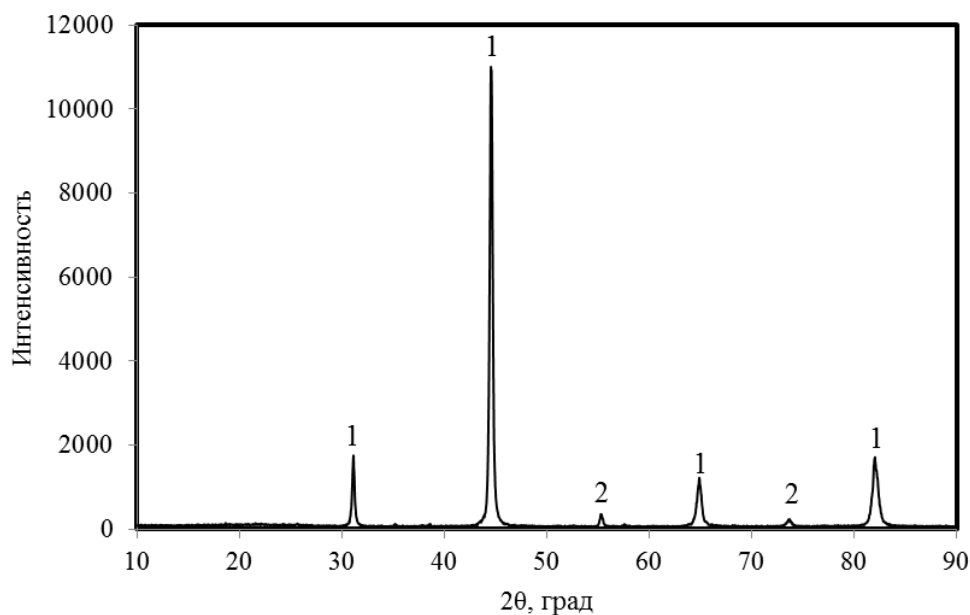


Рис. 2. Фазовый состав образца на основе системы Ni-Al:

1: NiAl – 99,4 %; 2: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,6 %

Как видно из рентгенограммы в образце системы Ni-Al достигнуто содержание целевой фазы порядка 99 %. Для образца алюминида циркония наблюдается 7 % непрореагировавшего альфа-циркония.

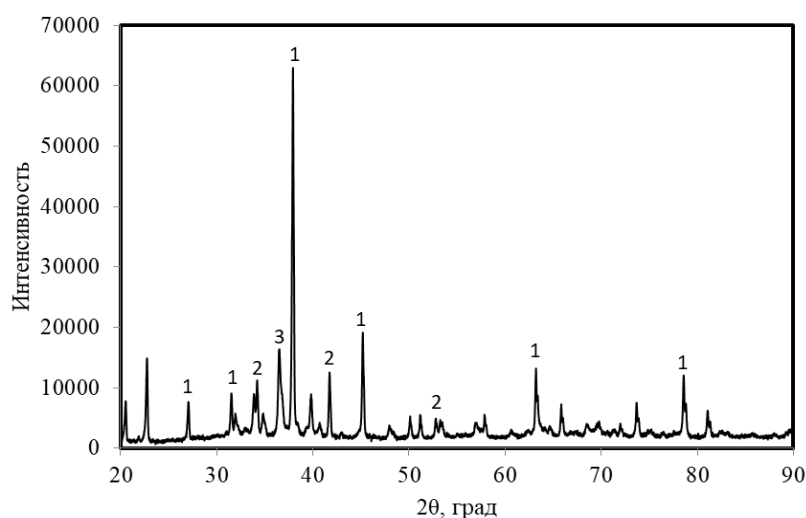


Рис. 3. Фазовый состав образца на основе системы Zr-Al:  
1 :  $Zr_3Al$  – 74,3 %; 2 :  $ZrAl_2$  – 18,7 %; 3 :  $\alpha Zr$  – 7,0 %

Анализируя данные моделирования процесса активации матриц нейтронным излучением (таблица), можно сделать вывод о том, что

Сравнительный анализ активности после облучения

Время, лет	Активность, Бк/г		
	Zr-Al	Ni-Al	ОЯТ [3]
0	$1,28 \cdot 10^{10}$	$1,99 \cdot 10^9$	$3,20 \cdot 10^{12}$
1	$1,97 \cdot 10^8$	$1,90 \cdot 10^9$	$3,63 \cdot 10^{10}$
3	$5,74 \cdot 10^7$	$1,83 \cdot 10^9$	$1,38 \cdot 10^{10}$
10	$9,82 \cdot 10^6$	$1,70 \cdot 10^9$	$6,07 \cdot 10^9$
30	$1,56 \cdot 10^5$	$1,47 \cdot 10^9$	$3,27 \cdot 10^9$
100	$9,50 \cdot 10^4$	$9,13 \cdot 10^8$	$1,00 \cdot 10^8$

предпочтительнее использовать цирконий-алюминиевые матричные материалы для дисперсионного ядерного топлива.

#### Список использованных источников

1. Дисперсионные ТВЭЛы : в 2 т. / А. Г. Самойлов, В. С. Волков, М. И. Солонин. – М.: Атомиздат, 1982. – 448 с.
2. Рогачев, А. С. Горение для синтеза материалов: введение в структурную макрокинетику / А. С. Рогачев, А. С. Мукасян. – М. : Физматлит, 2013. – 400 с.
3. Брылева В. А. Оработавшее ядерное топливо АЭС / В. А. Брылева, Е. Ф. Войтецкая, Л. М. Нарейко // Информационный бюллетень НАН Белоруссии. Сер. Ядерная энергетика. – 2010. – № 7–8 (13–14).– С. 1–8.